

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-086144

(43)Date of publication of application : 18.03.2004

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
G02B 6/12

(21)Application number : 2003-058872

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 05.03.2003

(72)Inventor : OTSU SHIGEMI ✓
SHIMIZU TAKASHI
TANIDA KAZUTOSHI
AKUTSU HIDEKAZU

(30)Priority

Priority number : 2002187473 Priority date : 27.06.2002 Priority country : JP

(54) METHOD FOR MANUFACTURING MACROMOLECULAR OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a simple method for manufacturing a macromolecular optical waveguide at low cost.

SOLUTION: The method for manufacturing the macromolecular optical waveguide includes the stages of: (1) preparing a mold which is formed of a set layer of setting resin for mold formation and has a recess corresponding to an optical waveguide core projection part, an intake for filling the recess with a setting resin for core formation, and a discharge outlet for discharging the resin from the recess (2) bringing a film base material for a clad which is to be in excellent contact with the mold into contact with the mold; (3) charging the setting resin for core formation into the recess of the mold from the intake of the mold with which the film base material for clad is brought into contact; (3) setting the charged setting resin for core formation and releasing the mold from



the film base material for the clad; and (5) forming a clad layer on the film base material for clad where a core is formed.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

1) The crevice corresponding to [it is formed from the hardening layer of the hardenability resin for mold formation, and] optical waveguide core heights, The process for which the mold which has the admission port for filling up this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared, 2) The process which adhesion with this mold makes stick the good film base material for clads to mold, 3) The process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck, 4) The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide which has the process which is made to harden the filled hardenability resin for core formation, and exfoliates mold from the film base material for clads, and the process which forms a cladding layer on the film base material for clads with which five cores were formed.

[Claim 2]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by being formed by [to which said cladding layer applied the hardenability resin for clads] carrying out postcure.

[Claim 3]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by being formed when said cladding layer sticks the film for clads with this film and adhesives with a near refractive index.

[Claim 4]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by said hardenability resin for mold formation being liquefied silicone rubber.

[Claim 5]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the surface energy of said mold being 10 dyn/cm - 30 dyn/cm.

[Claim 6]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the share (Share) rubber degrees of hardness of said mold being 15-80.

[Claim 7]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the surface roughness of said mold being 0.5 micrometers or less.

[Claim 8]

The manufacture approach of macromolecule optical waveguide according to claim 1 that said mold is characterized by being light transmission nature in an ultraviolet region and/or a visible region.

[Claim 9]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized

by the refractive index of said film base material for clads being 1.55 or less.

[Claim 10]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by said film base material for clads being an alicyclic acrylic resin film.

[Claim 11]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by said film base material for clads being an alicyclic olefine resin film.

[Claim 12]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 11 characterized by being the resin film with which said alicyclic olefine resin film has norbornene structure in a principal chain, and has a polar group in a side chain.

[Claim 13]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by decompressing a system in the process which fills up the crevice of said mold with said hardenability resin for core formation by capillarity.

[Claim 14]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the viscosity of said hardenability resin for core formation being 10 mPa-s - 2000 mPa-s.

[Claim 15]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the volume change when stiffening said hardenability resin for core formation being 10% or less.

[Claim 16]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the refractive index of said cladding layer being the same as the film base material for clads.

[Claim 17]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by being in the range whose path of said core is 10 micrometers - 500 micrometers.

[Claim 18]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the refractive index of the hardened material of said hardenability resin for core formation being 1.50 or more.

[Claim 19]

The manufacture approach of macromolecule optical waveguide according to claim 1 that the refractive-index difference of said film base material for clads and cladding layer, and core is characterized by a certain thing 0.01 or more.

[Claim 20]

1) The crevice corresponding to [it is formed from the hardening layer of the hardenability resin for mold formation and] optical waveguide core heights, The process for which the mold which has the admission port for filling up this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared, 2) The process which adhesion with this mold makes stick the good film base material for clads to mold, 3) The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide which has the process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity, and the process which stiffens the hardenability resin for core formation which carried out 4 restoration from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the manufacture approach of optical waveguide and especially flexible macromolecule optical waveguide.

[0002]

[Description of the Prior Art]

How (selective polymerization method) to infiltrate a monomer into (1) film, to expose the core section alternatively as the manufacture approach of macromolecule waveguide, to change a refractive index, and to make a film rival, (2) How to form the clad section after applying a core layer and a cladding layer using reactant ion ECHINGU (the RIE method), (3) The ultraviolet-rays hardening resin which added the photosensitive ingredient is used into polymeric materials. The method (the photograph breaching method) of exposing the core section and changing the refractive index of the core section etc. is proposed after applying the approach (the direct exposing method) using the photolithography method exposed and developed, the method of using (4) injection molding, (5) core layers, and a cladding layer. However, the selective polymerization method of (1) has a problem in the lamination of a film, in order to use the photolithography method for the approach of (2) and (3), it becomes cost quantity, and the approach of (4) has a technical problem in the precision of the core diameter obtained. Moreover, the approach of (5) has the problem referred to as being unable to take sufficient refractive-index difference of a core layer and a cladding layer.

Although the practical approach excellent in current and an engine-performance target is only the approach of (2) and (3), it has the problem of the cost like the above. And neither of the approaches, (1) nor thru/or (5), can be applied to forming macromolecule waveguide in a flexible plastics base material by the large area.

[0003]

Moreover, although the pattern substrate (clad) with which the pattern of the slot used as a capillary tube was formed as an approach of manufacturing macromolecule optical waveguide is filled up with the polymer precursor ingredient for cores and the approach of making carry out postcure, making a core layer, and sticking a flat-surface substrate (clad) on it is learned By this approach, as a result of filling up only a capillary tube slot with a polymer precursor ingredient thinly, being extensively hardened also between a pattern substrate and a flat-surface substrate and forming the film of the same presentation as a core layer in it, there was a problem that light will be revealed through this film.

the DEBITTO heart fixed the pattern substrate and the flat surface substrate with which the pattern of the slot used as a capillary tube be formed with the fixture for a clamp, after the seal etc. carried out the contact part of a pattern substrate and a flat surface substrate by resin further, it decompressed, it filled up the capillary tube with the monomer (diallyl isophthalate) solution, and propose the approach of manufacture macromolecule optical waveguide, as one of the approaches of solve this problem (see the following patent reference 1). This approach is an approach by which a monomer is used, and you

hypoviscosity-ize a packing material instead of using a polymer precursor ingredient as a resin ingredient for core formation, and make it filled up in a capillary tube using capillarity, and it is made not to fill up with a monomer in addition to a capillary tube.

However, since this approach uses the monomer as a charge of core formation material, its rate of a volumetric shrinkage at the time of a monomer carrying out a polymerization and becoming a polymer is large, and it has the problem to which the transmission loss of macromolecule optical waveguide becomes large and to say.

Moreover, it is a complicated approach, and it cannot turn [carry out / further / in addition to this / or this approach fixes a pattern substrate and a flat-surface substrate by the clamp / approach / by resin / the seal of the contact section] to mass production, and, as a result, it cannot expect a cost fall. Moreover, thickness is unable to apply to manufacture of the macromolecule optical waveguide using mm order or a film 1mm or less as a clad.

[0004]

Moreover, George M. Whitesides and others of Harvard University has advocated the approach of capillary tube micro mold as one of the software lithography recently as a new technique which makes nano structure. This is an approach which makes a master substrate using photolithography and copies the nano structure of a master substrate to the mold of PDMS using the adhesion of poly dimethylsiloxane (PDMS), and easy detachability, and slushes a liquid polymer into this mold and it is made to solidify using capillarity. The detailed interpretive article is indicated by the following nonpatent literature 1.

[0005]

Or Kim Enoch and others of the group of George M. Whitesides of a bird university applies for the patent about the capillary tube micro mold method (see the following patent reference 2).

However, even if it applies the manufacture approach given in this patent to manufacture of macromolecule optical waveguide, since the cross section is small, the core section of optical waveguide requires time amount for forming the core section, and is not suitable for mass production. Moreover, when a monomer solution carries out a polymerization and becomes a macromolecule, the configuration of a lifting core changes a volume change, and it has the fault that transmission loss becomes large.

[0006]

Moreover, B. Michel and others of the IBM CHURICHI lab has proposed the lithography technique of high resolution in which PDMS was used, and has reported acquiring dozens of nm resolution by this technique. The detailed interpretive article is indicated by the following nonpatent literature 2. Thus, the software lithography technique using PDMS and the capillary tube micro mold method are the techniques of attracting attention mainly by the U.S., as nanotechnology recently.

[0007]

However, if optical waveguide is produced using the micro mold method like the above, it cannot reconcile what the rate of a volumetric shrinkage at the time of hardening is made small for (therefore, transmission loss is made small), and hypoviscosity-izing restoration liquids (monomer etc.), in order to make restoration easy. Therefore, if it takes making transmission loss small into consideration preferentially, viscosity of a restoration liquid cannot be made below into a certain limit, but a restoration rate becomes slow, and mass production cannot be desired. Moreover, it is the requisite that glass and a silicon substrate are used for the aforementioned micro mold method as a substrate, and using a flexible film base material is not taken into consideration.

[0008]

[Patent reference 1]

Patent official report No. 3151364 specification

[Patent reference 2]

U.S. Pat. No. 6355198 number specification

[Nonpatent literature 1]

SCIENTIFIC AMERICAN SEPTEMBER 2001 (the Nikkei Science December, 2001 issue)

[Nonpatent literature 2]

IBM J. REV. & DEV. VOL. 45 NO. 5 SEPTEMBER 2001

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

This invention is made in view of the trouble like the above, and the purpose is in offering the approach of manufacturing macromolecule optical waveguide by low cost, by the simple approach.

[0010]

[Means for Solving the Problem]

(1) The crevice corresponding to [it is formed from the hardening layer of the hardenability resin for 1 mold formation, and] optical waveguide core heights, The process for which the mold which has the admission port for filling up this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared, 2) The process which adhesion with this mold makes stick the good film base material for clads to mold, 3) The process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck, 4) The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide which has the process which is made to harden the filled hardenability resin for core formation, and exfoliates mold from the film base material for clads, and the process which forms a cladding layer on the film base material for clads with which five cores were formed.

[0011]

(2) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by being formed by [to which said cladding layer applied the hardenability resin for clads] carrying out postcure.

(3) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by being formed when said cladding layer sticks the film for clads with this film and adhesives with a near refractive index.

(4) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by said hardenability resin for mold formation being liquefied silicone rubber.

[0012]

(5) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the surface energy of said mold being 10 dyn/cm - 30 dyn/cm.

(6) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the share (Share) rubber degrees of hardness of said mold being 15-80.

(7) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the surface roughness of said mold being 0.5 micrometers or less.

(8) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) said whose mold is characterized by being light transmission nature in an ultraviolet region and/or a visible region.

(9) The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide according to claim 1 characterized by the refractive index of said film base material for clads being 1.55 or less.

[0013]

(10) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by said film base material for clads being an alicyclic acrylic resin film.

(11) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by said film base material for clads being an alicyclic olefine resin film.

(12) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (11) characterized by being the resin film with which said alicyclic olefine resin film has norbornene structure in a principal chain, and has a polar group in a side chain.

[0014]

(13) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by decompressing a system in the process which fills up the crevice of said mold with said hardenability resin for core formation by capillarity.

(14) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1)

characterized by the viscosity of said hardenability resin for core formation being 10 mPa-s - 2000 mPa-s.

(15) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the volume change when stiffening said hardenability resin for core formation being 10% or less.

(16) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the refractive index of said cladding layer being the same as the film base material for clads.

[0015]

(17) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by being in the range whose path of a core is 10 micrometers - 500 micrometers.

(18) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) characterized by the refractive index of the hardened material of said hardenability resin for core formation being 1.50 or more.

(19) The manufacture approach of macromolecule optical waveguide given in the above (1) whose refractive-index difference of said film base material for clads and cladding layer, and core is characterized by a certain thing 0.01 or more.

(20) The crevice corresponding to [it is formed from the hardening layer of the hardenability resin for 1 mold formation, and] optical waveguide core heights, The process for which the mold which has the admission port for filling up this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared, 2) The process which adhesion with this mold makes stick the good film base material for clads to mold, 3) The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide which has the process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity, and the process which stiffens the hardenability resin for core formation which carried out 4 restoration from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck.

[0016]

[Embodiment of the Invention]

The manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention has the following processes.

- 1) The process for which the mold which has the admission port for being formed from the hardening layer of the hardenability resin for mold formation, and filling up the crevice corresponding to optical waveguide core heights and this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared
- 2) The process which adhesion with this mold used as a clad makes stick the good film base material for clads to mold
- 3) The process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck
- 4) The process which is made to harden the filled hardenability resin for core formation, and exfoliates mold from the film base material for clads
- 5) The process which forms a cladding layer on the film base material for clads with which the core was formed

[0017]

If adhesion with mold sticks the good film base material for clads to mold like the above, the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention Even if it does not make both fix using a special means (it is a means for detachable like a publication to said patent No. 3151364 specification), in addition to the crevice structure formed in mold It is a thing based on having found out that the hardenability resin for core formation could be made to advance only into said crevice, without generating an opening between mold and the film base material for clads. A production process is simplified extremely, and the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention can produce macromolecule optical waveguide easily, and makes it possible to produce

macromolecule optical waveguide by low cost extremely as compared with the manufacture approach of the conventional macromolecule optical waveguide. Moreover, by the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention, a loss is highly precise few, and the flexible macromolecule optical waveguide which enables free loading to various devices is obtained. Furthermore, the configuration of macromolecule optical waveguide etc. can be set up freely.

[0018]

Below, the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide by this invention is explained in order of a process.

1) The process for which the mold which has the admission port for being formed from the hardening layer of the hardenability resin for mold formation, and filling up the crevice corresponding to optical waveguide core heights and this crevice with the hardenability resin for core formation and an exhaust port for making said resin discharge from said crevice is prepared

Although it is desirable to carry out using the original recording in which the heights corresponding to an optical waveguide core were formed as for production of mold, it is not limited to this. Below, how to use original recording is explained.

<Production of original recording>

It can use for production of the original recording in which the heights corresponding to an optical waveguide core were formed, without a limit especially, the conventional approach, for example, photolithography method. Moreover, the approach (application for patent No. 10240 [2002 to]) of producing macromolecule optical waveguide by the electrodeposition process or photoelectrical arrival method for which these people applied previously is also applicable to producing original recording. The magnitude of the heights corresponding to the optical waveguide core formed in original recording is suitably decided according to the application of macromolecule optical waveguide etc. For example, in the case of the optical waveguide for single modes, in the case of the optical waveguide for multimodes, generally, the core of 50-100-micrometer angle extent is used in the core of 10-micrometer angle extent, but the optical waveguide which has about hundreds of micrometers and the still bigger core section depending on an application is also used.

[0019]

<Production of mold>

After applying the hardenability resin for mold formation to the field in which the heights corresponding to the optical waveguide core of the original recording which is the above, and was made and produced were formed, or carrying out casting and carrying out desiccation processing if needed, mold stiffens this resin, subsequently, it exfoliates and the hardening layer is produced. Although the formation approach of the exhaust port for making said resin discharge from the admission port for filling up the crevice corresponding to said heights with the hardenability resin for core formation and the crevice corresponding to said heights does not have especially a limit and the heights corresponding to admission port or an exhaust port can also be beforehand prepared in original recording As a simple approach, after forming the hardening layer of the hardenability resin for mold formation in original recording, it exfoliates, for example, and a mold is taken, and the approach of forming admission port and an exhaust port is mentioned by cutting so that said crevice may expose the both ends of a mold after that.

Although the thickness of said hardening layer is suitably decided in consideration of the handling nature as mold, generally about 0.1-50mm is suitable for it.

Moreover, it is desirable to perform mold release processing of release agent spreading etc. to said original recording beforehand, and to promote exfoliation with mold.

[0020]

If [for mold formation] hardenability resin is carried out, it is desirable that the hardened material can exfoliate easily from original recording, to have the mechanical strength and dimensional stability more than fixed as mold (for it to use repeatedly), to have the hardness (degree of hardness) which maintains a crevice configuration, and that adhesion with the film base material for clads is good. Various additives can be added to the hardenability resin for mold formation if needed.

The hardenability resin for mold formation can carry out spreading, casting, etc. on the surface of original recording, and since it must copy correctly the heights corresponding to each optical waveguide core formed in original recording, it is desirable to have the viscosity below a certain limit, for example, 500 - 7000 mPa-s extent. (In addition in "the hardenability resin for mold formation" used in this invention, the thing used as the rubber-like object which has elasticity is also contained after hardening.) It can add to extent to which the bad influence of a solvent does not come out of a solvent for viscosity accommodation again.

[0021]

As said hardenability resin for mold formation, the hardenability organopolysiloxane used as silicone rubber (silicone elastomer) or silicone resin is preferably used after hardening from the point of adhesion with the detachability like the above, mechanical strength and dimensional stability, a degree of hardness, and the base material for clads. As for said hardenability organopolysiloxane, what contains a methyl siloxane radical, an ethyl siloxane radical, and a phenyl siloxane radical in a molecule is desirable. Moreover, the 2 liquid type thing to use combining a 1 liquid type thing or a curing agent is sufficient as said hardenability organopolysiloxane, and the thing or the thing of a room-temperature-curing mold (for example, thing to harden with the moisture in air) of a heat-curing mold is sufficient as it, and it may use hardening (ultraviolet curing etc.) of further others.

[0022]

As said hardenability organopolysiloxane The thing used as the silicone rubber after hardening is desirable, and what is usually called liquefied silicone rubber (what has high viscosity is contained like the shape of a paste into "being liquefied") is used for this. The liquefied silicone rubber of an addition mold does not have a by-product in that case, or it hardens for a short time uniformly [the 2 liquid type thing to use combining a curing agent is desirable, and / a front face and the interior] especially, and it is [there is, and] excellent in a mold-release characteristic, and since contraction is also small, it is used preferably. [little]

[0023]

Liquefied dimethylsiloxane rubber is desirable from the point of adhesion, detachability, reinforcement, and a degree of hardness also especially in said liquefied silicone rubber. Moreover, the mold which generally made the hardened material of liquefied dimethylsiloxane rubber after this since the refractive index was as low as about 1.43 can be used as a cladding layer as it is, without making it exfoliate from the base material for clads. In this case, a device in which mold, and the filled resin for core formation and the filled base material for clads do not separate is needed.

[0024]

From the viewpoint which make degassing easy to copy the heights corresponding to an optical waveguide core correctly, and to lessen mixing of air bubbles, and to carry out, and the point of mold formation with a thickness of several mm, the viscosity of said liquefied silicone rubber has the desirable thing of 500 - 7000 mPa-s extent, and its thing of 2000 - 5000 mPa-s extent is more more desirable still.

[0025]

furthermore, the surface energy of mold -- 10dyn/cm- it is desirable that there is 30 dyn/cm in the range of 15 dyn/cm - 24 dyn/cm preferably in terms of adhesion with a base material film.

As for the share (Share) rubber degree of hardness of mold, it is desirable 15-80, and that it is 20-60 preferably, in view of maintenance of the templating engine performance and a crevice configuration, and the point of detachability.

As for the surface roughness (mean square granularity (RMS)) of mold, it is preferably desirable to make it 0.1 micrometers or less in terms of the templating engine performance 0.5 micrometers or less.

[0026]

Moreover, as for mold, in an ultraviolet region and/or a visible region, it is desirable that it is light transmission nature. It is because the thing with desirable mold being light transmission nature in a visible region can observe signs that can position easily and a mold crevice is filled up with the hardenability resin for core formation in the following processes of 3 in case mold is stuck to the film

base material for clads in the following processes of 2 and the completion of restoration etc. can check easily. Moreover, when using ultraviolet-rays hardenability resin as hardenability resin for core formation, the thing with desirable mold being light transmission nature in an ultraviolet region is for spacing mold and performing ultraviolet curing, and it is desirable that the permeability in the ultraviolet region (250nm - 400nm) of mold is 80% or more.

[0027]

If the silicone rubber after hardening and the becoming liquefied silicone rubber are excellent in the conflicting property of adhesion and detachability with the base material for clads, and have the capacity to copy nano structure and silicone rubber and the base material for clads are stuck, even penetration of a liquid can be prevented also in said hardenability organopolysiloxane. In order that the mold using such silicone rubber may copy original recording with high precision and may stick it to the base material for clads well, it becomes possible [filling up efficiently only the crevice between mold and the base material for clads with the resin for core formation], and exfoliation of the base material for clads and mold is also still easier for it. Therefore, from this mold, the macromolecule optical waveguide which maintained the configuration with high precision can be produced very simple.

[0028]

2) The process which adhesion with this mold makes stick the good film base material for clads to said mold

Since it can be used also as optical wiring, an optical separator, etc. between a coupler and a board, the optical waveguide of this invention is chosen as an ingredient of said film base material in consideration of optical properties, such as a refractive index of this ingredient, and light transmission nature, a mechanical strength, thermal resistance, adhesion with mold, flexibility (flexibility), etc. according to the application. It is desirable to produce the macromolecule optical waveguide which has flexibility using a flexible film base material. As said film, an alicyclic acrylic resin film, an alicyclic olefine resin film, a triacetic-acid cellulose film, a fluorine-containing resin film, etc. are mentioned. In order that the refractive index of a film base material may secure a refractive-index difference with a core, it is smaller than 1.55 and its desirable thing made smaller than 1.53 is desirable.

[0029]

OZ-1000 which introduced aliphatic cyclic hydrocarbon, such as tricyclodecane one, into the ester interchange radical as said alicyclic acrylic resin film, OZ-1100 (Hitachi Chemical Co., Ltd. make), etc. are used.

Moreover, the thing which has norbornene structure in a principal chain as an alicyclic olefine resin film, and the thing which has norbornene structure in a principal chain, and has polar groups, such as an alkyloxy carbonyl group (it is the thing and cycloalkyl radical of carbon numbers 1-6 as an alkyl group), in a side chain are mentioned. Especially since the alicyclic olefine resin which has norbornene structure in the principal chain like the above especially, and has polar groups, such as an alkyloxy carbonyl group, in a side chain has the outstanding optical properties, such as a low refractive index (refractive indexes are the 1.50 neighborhoods and the difference of the refractive index of a core clad can be secured), and high light transmission nature, is excellent in adhesion with mold and further excellent in thermal resistance, it fits production of the macromolecule optical waveguide of this invention.

Moreover, the thickness of said film base material is appropriately chosen in consideration of flexibility, rigidity, the ease of handling, etc., and, generally 0.1mm - its about 0.5mm is desirable.

[0030]

3) The process which fills up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity from the admission port of the mold to which the film base material for clads was stuck While filling up the crevice of said mold with the hardenability resin for core formation by capillarity from the admission port of mold, the hardenability resin for core formation with which the crevice was filled up is made to discharge from said exhaust port in this process.

As hardenability resin for core formation, resin, such as radiation-curing nature, electron ray hardenability, and thermosetting, can be used, and ultraviolet-rays hardenability resin and thermosetting resin are used preferably especially.

As the ultraviolet-rays hardenability resin or thermosetting resin for said core formation, the mixture of ultraviolet-rays hardenability or a thermosetting monomer, oligomer, or a monomer and oligomer is used preferably.

Moreover, an epoxy system, a polyimide system, and acrylic ultraviolet-rays hardenability resin are preferably used as said ultraviolet-rays hardenability resin.

[0031]

In order to make the opening (crevice of mold) formed between mold and a film base material of capillarity fill up with the hardenability resin for core formation, the hardenability resin for core formation to be used needs to be hypoviscosity enough so that it may be possible. therefore, the viscosity of said hardenability resin -- 10 mPa-s - 2000 mPa-s -- desirable -- 20mPa-s- it is desirable to make it still more preferably 30 mPa-s - 500 mPa-s 1000 mPa-s.

In addition, in order to reproduce the configuration of the origin which the heights corresponding to the optical waveguide core formed in original recording have with high precision, it is required for the volume change before and behind hardening of said hardenability resin to be small. For example, if the volume decreases, it will become the cause of guided wave loss. Therefore, as for said hardenability resin, what has as small a volume change as possible is desirable, and it is desirable that it is 6% or less preferably 10% or less. To avoid is more desirable if it can perform hypoviscosity-izing using a solvent, since the volume change before and behind hardening is large.

Since the volume change after hardening of the hardenability resin for core formation (contraction) is made small, a polymer can be added to said resin. As for said polymer, what has compatibility with the hardenability resin for core formation, and does not have a bad influence on the refractive index of this resin, an elastic modulus, and a transparency property is desirable. Moreover, a volume change is made small by adding a polymer, and also the glass transition point of viscosity or hardening resin is controllable to altitude. Although the thing of acrylic, a methacrylic-acid system, and an epoxy system is used as said polymer, it is not limited to these.

[0032]

the cladding layer in the process of said film base material (5 of the following) that the refractive index of the hardened material of the hardenability resin for core formation serves as a clad -- containing -- a large thing is required and is 1.53 or more preferably 1.50 or more. the cladding layer in the process of a clad (5 of the following) -- containing -- the difference of the refractive index of a core is 0.03 or more preferably 0.01 or more.

[0033]

Moreover, in this process, in order to promote the restoration to the mold crevice of the hardenability resin for core formation by capillarity, it is desirable to decompress the whole system (about 0.1-200Pa).

Moreover, in order to promote said restoration, hypoviscosity-izing more is also an effective means by heating the hardenability resin for core formation with which it is filled up from the admission port of mold in addition to reduced pressure of said system.

[0034]

4) The process which is made to harden the filled hardenability resin for core formation, and exfoliates mold from a film base material

The filled hardenability resin for core formation is stiffened. In order to stiffen ultraviolet-rays hardenability resin, an ultraviolet ray lamp, ultraviolet rays LED, UV irradiation equipment, etc. are used. Moreover, in order to stiffen thermosetting resin, heating in oven etc. is used.

Moreover, if conditions, such as a refractive index, are fulfilled, the mold used at said process of 1-3 is possible also for using for a cladding layer as it is, in this case, it does not need to exfoliate and mold will be used for it as a cladding layer as it is. In this case, it is desirable to ozonize mold, in order to raise the adhesive property of mold and core materials.

[0035]

5) The process which forms a cladding layer on the film base material with which the core was formed although a cladding layer is formed on the film base material with which the core was formed, a film

base material for clads which was used at the process of a film (for example, said 2) as a cladding layer uses similarly -- having -- the layer which applies and stiffened the hardenability resin for clads, the poly membrane which applies the solvent solution of polymeric materials and is obtained by drying are mentioned. As hardenability resin for clads, ultraviolet-rays hardenability resin and thermosetting resin are used preferably, for example, the mixture of ultraviolet-rays hardenability or a thermosetting monomer, oligomer, or a monomer and oligomer is used.

In order to make small the volume change after hardening of the hardenability resin for clad formation (contraction), the polymer (for example, a methacrylic-acid system, an epoxy system) which has this resin and compatibility and does not have a bad influence on the refractive index of this resin, an elastic modulus, and a transparency property can be added to this resin.

[0036]

Although it is stuck using adhesives when using a film as a cladding layer, it is desirable in that case for the refractive index of adhesives to be as near as the refractive index of this film. Ultraviolet-rays hardenability resin or thermosetting resin is used preferably, for example, as for the adhesives to be used, the mixture of ultraviolet-rays hardenability or a thermosetting monomer, oligomer, or a monomer and oligomer is used.

In order to make small the volume change after hardening of said ultraviolet-rays hardenability resin or thermosetting resin (contraction), the polymer added to a cladding layer and the same polymer can be added.

As for the refractive index of a cladding layer, it is [1.55 or less] desirable to carry out to 1.53 or less preferably in order to secure a refractive-index difference with a core. Moreover, it is desirable to make the refractive index of a cladding layer the same as the refractive index of said film base material, in view of the point which light shuts up.

[0037]

The liquefied silicone rubber which hardens as hardenability resin for mold formation, and becomes rubber-like especially in the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention, The combination using the alicyclic olefine resin which has norbornene structure in a principal chain as a film base material for clads using liquefied dimethylsiloxane rubber especially, and has polar groups, such as an alkyloxy carbonyl group, in a side chain Especially both adhesion is high, and there is no deformation of mold crevice structure, and even if the cross section of crevice structure is very smaller still (for example, rectangle of 10x10 micrometers), a crevice can be quickly filled up with hardenability resin by capillarity.

[0038]

Next, it uses drawing 1 ; and the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention sticks like 1 voice, and it explains.

Drawing 1 (A) shows the cutting plane which cut the original recording 10 in which the heights 12 corresponding to an optical waveguide core were formed at the right angle at the longitudinal direction of heights 12.

Next, as drawing 1 (B) shows, hardening layer 20a of the hardenability resin for mold formation is formed in the field in which the heights 12 of original recording 10 were formed. Drawing 1 (B) shows the cutting plane which cut at the right angle what formed hardening layer 20a of the hardenability resin for mold formation in original recording 10 at the longitudinal direction of heights 12.

Next, the exhaust port for making said resin discharge from the crevice 22 corresponding to admission port 22a for filling up a crevice 22 with the hardenability resin for core formation by exfoliating hardening layer 20a of the hardenability resin for mold formation from original recording 10, taking a mold (not shown), and subsequently, cutting the both ends of a mold so that said crevice 22 may be exposed, and said heights 12 (not shown) An exhaust port is formed in the point which counters admission port 22a of a crevice 20. It forms and mold 20 is produced. Drawing 1 (C) shows the side elevation by the side of the admission port of mold.

[0039]

Thus, adhesion with this mold 20 sticks the good film base material 30 for clads to the produced mold

20. Although drawing 1 (D) stuck mold and a film base material, it shows the side elevation by the side of admission port. Next, the crevice 22 of mold is filled up with admission port 22a to hardenability resin 40a for core formation of mold using capillarity. Although not illustrated, the hardenability resin for core formation is discharged from the exhaust port in other points of a crevice 20. Drawing 1 (E) shows the side elevation by the side of admission port, although the crevice of mold was filled up with hardenability resin.

Then, the hardenability resin for core formation in a mold crevice is stiffened, and mold is exfoliated. Drawing 1 (F) shows the cutting plane which cut that by which the optical waveguide core 40 was formed on the film base material for clads at the right angle at the core longitudinal direction.

Furthermore, the macromolecule optical waveguide 60 of this invention is produced by forming a cladding layer 50 in the core forming face of the film base material for clads. Drawing 1 (G) shows the cutting plane which cut the macromolecule optical waveguide 60 at the right angle at the core longitudinal direction.

[0040]

[Example]

This invention is not limited by these examples, although an example is shown below and this invention is explained to it still more concretely.

Example 1

After applying a thick-film resist (Product made from micro chemical, SU-8) to Si substrate with a spin coat method, it prebaked at 80 degrees C, negatives were exposed and developed through the photo mask, and the cross section formed square heights (width of face: 50 micrometers, height: 50 micrometer, die-length: 150mm). Next, postbake of this was carried out at 120 degrees C, and the original recording for optical waveguide core production was produced.

Next, what mixed thermosetting liquefied dimethylsiloxane rubber (made in Dow Corning Asia: SYLGARD184, viscosity 5000mPa.s) and its curing agent after applying a release agent to this original recording was slushed, after heating for 30 minutes and making it harden at 120 degrees C, it exfoliated and the mold (thickness of mold: 3mm) in which said cross section had a crevice corresponding to square heights was produced. Furthermore, said type of both ends were cut, the admission port and the exhaust port of the following ultraviolet-rays hardenability resin were made, and it considered as mold. 60 and surface roughness were 10nm or less and 80% or more of ultraviolet-rays permeability, and 22 dyn/cm and the share rubber degree of hardness of surface energy were transparent, and the lower thing has observed mold well.

[0041]

The film base material (an ATON film, the product made from JSR, refractive index 1.510) of 188 micrometers of somewhat larger thickness than this mold and mold was stuck. Next, said crevice was filled up with ultraviolet-rays hardenability resin by capillarity when viscosity dropped several drops of ultraviolet-rays hardenability resin (the product made from JSR-J 3001) of 1300 mPa.s to the admission port in the end of mold. Subsequently, mold is spaced, and UV light of 50 mW/cm² was irradiated for 5 minutes, and carried out ultraviolet curing. When mold was exfoliated from the ATON film, the core of the same configuration as said original recording heights was formed on the ATON film. The refractive index of a core was 1.591.

Next, after the refractive index after hardening applies to the whole surface the same ultraviolet-rays hardenability resin (product made from JSR) as an ATON film which is 1.510, UV light of 50 mW/cm² is irradiated for 10 minutes, and carries out ultraviolet curing to the core forming face of an ATON film (10 micrometers of thickness after hardening), and it is **. Flexible macromolecule optical waveguide was obtained. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.33dB/cm.

[0042]

Example 2

The original recording for optical waveguide core production in which square heights (width of face: 50 micrometers, height: 50 micrometer, die-length: 150mm) were formed for the cross section was produced by the same approach as an example 1. Next, after making a mold by the same approach as an example

1, both ends were cut and it considered as mold. The somewhat larger ATON film (188 micrometers of thickness) than this mold and mold was stuck, and said crevice was filled up with thermosetting resin by capillarity when viscosity dropped several drops of thermosetting resin (product made from JSR) of 500 mPa-s to the admission port in the end of mold. In 130-degree C oven, this was heated for 30 minutes and carried out heat curing. When mold was exfoliated from the ATON film, the core of the same configuration as said original recording heights was formed on the ATON film. The refractive index of a core was 1.560. Furthermore, after the refractive index after hardening applies the same thermosetting resin (product made from JSR) of 1.510 as an ATON film to the whole surface, heat hardening is carried out to the core forming face of an ATON film (10 micrometers of thickness after hardening), and it is **. Flexible macromolecule optical waveguide was obtained. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.33dB/cm.

[0043]

Example 3

The original recording for optical waveguide core production in which square heights (width of face: 50 micrometers, height: 50 micrometer, die-length: 150 mm) were formed for the cross section was produced by the same approach as an example 1. Next, after making a mold by the same approach as an example 1, both ends were cut and it considered as mold. The somewhat larger ATON film (188 micrometers of thickness) than this mold and mold was stuck, and viscosity dropped several drops of ultraviolet-rays hardening resin (the product made from JSR-J 3001) of 1300 mPa-s to the admission port in the end of mold. That to which this mold and an ATON film were stuck was put into the container decompressed with the vacuum pump (1.0 Pa). The crevice was immediately filled up with ultraviolet-rays hardenability resin by capillarity. After taking this out from a container, mold was spaced, UV light of 50 mW/cm² is irradiated for 5 minutes, and was stiffened, and mold was exfoliated. The core of a refractive index 1.591 was formed on the ATON film.

Furthermore, after the refractive index after hardening applies the same ultraviolet-rays hardenability resin (product made from JSR) of 1.510 as an ATON film to the whole surface, UV light of 50 mW/cm² is irradiated for 5 minutes, and carries out ultraviolet curing to the core forming face of an ATON film (10 micrometers of thickness after hardening), and it is **. Flexible macromolecule optical waveguide was obtained. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.33dB/cm.

[0044]

Example 4

In the example 3, mold and an ATON film were stuck, it drew in with the diaphragm-type suction pump (maximum suction force 33.25 KPa) from the exhaust port of mold instead of putting what hung down several drops of ultraviolet-rays hardenability resin to the admission port in the end of mold into the container decompressed with the vacuum pump, and also flexible macromolecule optical waveguide was produced like the example 3. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.33dB/cm.

[0045]

Example 5

Even the process which forms a core on the ATON film in an example 1 was carried out by the same approach.

Next, lamination and flexible macromolecule optical waveguide were produced for the ATON film (188 micrometers of thickness) to the core forming face of an ATON film using the adhesives (product made from JSR) of a refractive index 1.510. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.33dB/cm.

[0046]

Example 6

Mold was produced by the same approach as an example 1. Next, the somewhat larger ATON film (188 micrometers of thickness) than this mold and mold was stuck. Viscosity dropped several drops of ultraviolet-rays hardenability resin (product made from NTT-AT) of 100 mPa-s to the admission port in the end of mold. The crevice was filled up with ultraviolet-rays hardenability resin by capillarity when drawn in with the vacuum pump from the exhaust port of mold. Subsequently, mold is spaced, and UV light of 50 mW/cm² was irradiated for 5 minutes, and carried out ultraviolet curing. When mold was

exfoliated from the ATON film, the core of the same configuration as original recording heights was formed on the ATON film. The refractive index of a core was 1.570.

Next, lamination and flexible macromolecule optical waveguide were produced for the ATON film (188 micrometers of thickness) to the core forming face of an ATON film using the adhesives (product made from JSR) of a refractive index 1.510. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.15dB/cm.

[0047]

Example 7

In the example 1, after warming ultraviolet-rays hardenability resin at 70 degrees C beforehand, hanging several drops of this down to the admission port of mold, and returning to a room temperature, ultraviolet rays were irradiated, and also macromolecule optical waveguide was produced like the example 1. Loss of this macromolecule optical waveguide was 0.35dB/cm.

[0048]

[Effect of the Invention]

A production process is simplified extremely, and the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention can produce macromolecule optical waveguide easily, and makes it possible to produce macromolecule optical waveguide by low cost extremely as compared with the manufacture approach of the conventional macromolecule optical waveguide. Moreover, by the manufacture approach of the macromolecule optical waveguide of this invention, a loss loss is highly precise few, and the flexible macromolecule optical waveguide which enables free loading to various devices is obtained. Furthermore, the configuration of macromolecule optical waveguide etc. can be set up freely.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the conceptual diagram showing one mode of the production process of the macromolecule optical waveguide of this invention.

[Description of Notations]

10 Original Recording

12 Heights corresponding to Optical Waveguide Core

20a The hardening layer of the hardenability resin for mold formation

20 Mold

22 Mold Crevice

22a Admission port of the hardenability resin for core formation

30 Film Base Material for Clads

40a Hardenability resin for core formation

40 Core

50 Cladding Layer

60 Macromolecule Optical Waveguide

[Translation done.]

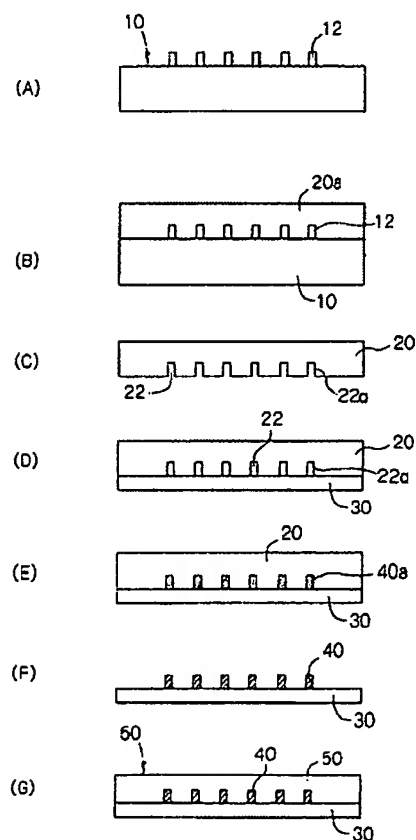
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Translation done.]

JP 2004-86144 A 2004.3.18

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-86144

(P2004-86144A)

(43) 公開日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int. Cl.¹

G02B 6/13

G02B 6/12

F I

G02B 6/12

G02B 6/12

M

N

テーマコード(参考)

2H047

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-58872 (P2003-58872)
 (22) 出願日 平成15年3月5日(2003.3.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-187473 (P2002-187473)
 (32) 優先日 平成14年6月27日(2002.6.27)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000005496
 富士ゼロックス株式会社
 東京都港区赤坂二丁目17番22号
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和洋
 (74) 代理人 100085279
 弁理士 西元 皓一
 (74) 代理人 100098025
 弁理士 福田 浩志
 (72) 発明者 大塚 茂実
 神奈川県足柄上郡中井町境430グリーン
 テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

最終頁に続く

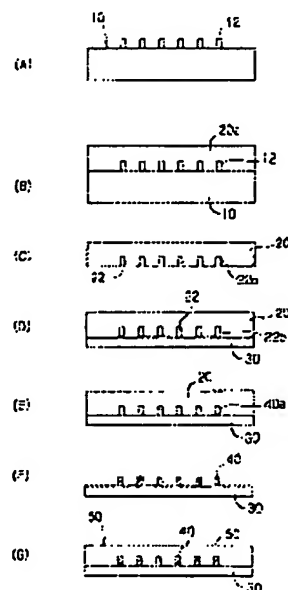
(54) 【発明の名称】 高分子光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 簡便な方法により、低コストで高分子光導波路を製造する方法を提供すること。

【解決手段】 1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程、2) 鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程、3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程、4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鋳型をクラッド用フィルム基材から剥離する工程、5) コアが形成されたクラッド用フィルム基材の上にクラッド層を形成する工程、を有する高分子光導波路の製造方法。

【図1】 図1



(2)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程、2) 鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程、3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程、4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鋳型をクラッド用フィルム基材から剥離する工程、5) コアが形成されたクラッド用フィルム基材の上にクラッド層を形成する工程、を有する高分子光導波路の製造方法。

19

【請求項 2】

前記クラッド層がクラッド用硬化性樹脂を塗布した後硬化させることにより形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 3】

前記クラッド層がクラッド用フィルムを該フィルムと近い屈折率をもつ接着剤により貼り合わせることににより形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 4】

前記鋳型形成用硬化性樹脂が液状シリコンゴムであることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

20

【請求項 5】

前記鋳型の表面エネルギーが $10 \text{ dyn/cm} \sim 30 \text{ dyn/cm}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 6】

前記鋳型のシェア (Share) ゴム硬度が $15 \sim 80$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 7】

前記鋳型の表面粗さが $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 8】

前記鋳型が紫外領域及び／又は可視領域において光透過性であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

30

【請求項 9】

前記クラッド用フィルム基材の屈折率が 1.55 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 10】

前記クラッド用フィルム基材が脂環式アクリル樹脂フィルムであることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 11】

前記クラッド用フィルム基材が脂環式オレフィン樹脂フィルムであることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

40

【請求項 12】

前記脂環式オレフィン樹脂フィルムが主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖に極性基をもつ樹脂フィルムであることを特徴とする請求項 11 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 13】

前記コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程において、系を減圧することを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 14】

前記コア形成用硬化性樹脂の粘度が $10 \text{ mPa} \cdot \text{s} \sim 2000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であることを特 50

(3)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 15】

前記コア形成用硬化性樹脂を硬化させたときの体積変化が 10% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 16】

前記クラッド層の屈折率がクラッド用フィルム基材と同じであることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 17】

前記コアの径が $10\ \mu\text{m}$ ~ $500\ \mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

19

【請求項 18】

前記コア形成用硬化性樹脂の硬化物の屈折率が 1.50 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 19】

前記クラッド用フィルム基材及びクラッド層とコアとの屈折率差が 0.01 以上あることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【請求項 20】

1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程、2) 鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程、3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程、4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させる工程、を有する高分子光導波路の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路、特にフレキシブルな高分子光導波路の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

39

高分子導波路の製造方法としては、(1) フィルムにモノマーを含浸させてコア部を選択的に露光して屈折率を変化させフィルムを張り合わせる方法(選択重合法)、(2) コア層及びクラッド層を塗布後、反応性イオンエッチングを用いてクラッド部を形成する方法(RIE法)、(3) 高分子材料中に感光性の材料を添加した紫外線硬化樹脂を用いて、露光・現像するフォトリソグラフィ法を用いる方法(直接露光法)、(4) 射出成形を利用する方法、(5) コア層及びクラッド層を塗布後、コア部を露光してコア部の屈折率を変化させる方法(フォトリソグラフィ法)等が提案されている。

然し、(1) の選択重合法はフィルムの張り合わせに問題があり、(2) や (3) の方法は、フォトリソグラフィ法を使うためコスト高になり、(4) の方法は、得られるコア径の精度に課題がある。また、(5) の方法はコア層とクラッド層との十分な屈折率差がとれないと言う問題がある。

40

現在、性能的に優れた実用的な方法は、(2) や (3) の方法だけであるが前記のごときコストの問題がある。そして(1) ないし(5) のいずれの方法も、大面積でフレキシブルなプラスチック基材に高分子導波路を形成するのに適用しうるものではない。

【0003】

また、高分子光導波路を製造する方法として、キャピラリーとなる溝のパターンが形成されたパターン基板(クラッド)にコア用のポリマー前駆体材料を充填し、その後硬化させてコア層を作り、その上に平面基板(クラッド)を貼り合わせる方法が知られているが、この方法ではキャピラリー溝にだけでなく、パターン基板と平面基板の間にも全面的にポリマー前駆体材料が薄く充填され硬化されてコア層と同じ組成の薄い層が形成される結果

59

(4)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

、この薄い層を通して光が漏洩してしまうという問題があった。

この問題を解決する方法の1つとして、デビット・ハートはキャピラリーとなる溝のパターンが形成されたパターン基板と平面基板とをクランプ用治具で固着し、さらにパターン基板と平面基板との接触部分を樹脂でシールなどした後減圧して、モノマー（ジアリルイソフタレート）溶液をキャピラリーに充填して、高分子光導波路を製造する方法を提案した（以下の特許文献1を参照）。この方法はコア形成用樹脂材料としてポリマー前駆体材料を用いる代わりにモノマーを用いて充填材料を低粘度化し、キャピラリー内に毛細管現象を利用して充填させ、キャピラリー以外にはモノマーが充填されないようにする方法である。

しかし、この方法はコア形成用材料としてモノマーを用いているため、モノマーが重合してポリマーになる際の体積収縮率が大きく、高分子光導波路の透過損失が大きくなるという問題がある。

また、この方法は、パターン基板と平面基板とをクランプで固着する、あるいはこれに加えさらに接触部を樹脂でシールするなど煩雑な方法であり、量産にはむかず、その結果コスト低下を期待することはできない。また、クラッドとして厚さがmmオーダーあるいは1mm以下のフィルムを用いる高分子光導波路の製造に適用することは不可能である。

【0004】

また、最近、ハーバード大学のGeorge M. Whitesidesらは、ナノ構造を作る新技術として、ソフトリソグラフィーの一つとして毛細管マイクロモールドという方法を提唱している。これは、フォトリソグラフィーを利用してマスター基板を作り、ポリジメチルシロキサン（PDMS）の密着性と容易な剥離性を利用してマスター基板のナノ構造をPDMSの鋳型に写し取り、この鋳型に毛細管現象を利用して液体ポリマーを流し込んで固化させる方法である。以下の非特許文献1には詳しい解説記事が記載されている。

【0005】

又はハーバード大学のGeorge M. WhitesidesのグループのKim Enochらによって毛細管マイクロモールド法に関する特許が出願されている（以下の特許文献2を参照）。

しかし、この特許に記載の製造方法を高分子光導波路の製造に適用しても、光導波路のコア部は断面積が小さいので、コア部を形成するのに時間がかかり、量産に適さない。また、モノマー溶液が重合して高分子になるときに体積変化を起こしコアの形状が変化し、透過損失が大きくなるという欠点を持つ。

【0006】

また、IBMチュリッヒ研究所のB. MichelらはPDMSを用いた高解像度のリソグラフィー技術を提案しており、この技術により数十nmの解像力が得られると報告している。詳しい解説記事は、以下の非特許文献2に記載されている。このように、PDMSを使ったソフトリソグラフィー技術や、毛細管マイクロモールド法は、ナノテクノロジーとして最近、米国を中心に注目を集めている技術である

【0007】

しかしながら、前記のごときマイクロモールド法を用いて光導波路を作製すると、硬化時の体積収縮率を小さくする（したがって透過損失を小さくする）ことと、充填を容易にするために充填液体（モノマー等）を低粘度化することを両立させえない。したがって、透過損失を小さくすることを優先的に考慮すると、充填液体の粘度をある限度以下にすることができず、充填速度が遅くなり、量産は望めない。また前記のマイクロモールド法は、基板としてガラスやシリコン基板を用いることが前提になっており、フレキシブルなフィルム基材を用いることは考慮されていない。

【0008】

【特許文献1】

特許公報3151364号明細書

【特許文献2】

59

(5)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

米国特許 6 3 5 5 1 9 8 号明細書

【非特許文献 1】

SCIENTIFIC AMERICAN SEPTEMBER 2001 (日経サイエンス 2001 年 12 月号)

【非特許文献 2】

IBM J. REV. & DEV. VOL. 45 NO. 5 SEPTEMBER 2001

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前記のごとき問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡便な方法により、低コストで高分子光導波路を製造する方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

(1) 1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程、2) 鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程、3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程、4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鋳型をクラッド用フィルム基材から剥離する工程、5) コアが形成されたクラッド用フィルム基材の上にクラッド層を形成する工程、を有する高分子光導波路の製造方法。

【0011】

(2) 前記クラッド層がクラッド用硬化性樹脂を塗布した後硬化させることにより形成されることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(3) 前記クラッド層がクラッド用フィルムを該フィルムと近い屈折率をもつ接着剤により貼り合わせることで形成されることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(4) 前記鋳型形成用硬化性樹脂が液状シリコンゴムであることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

【0012】

(5) 前記鋳型の表面エネルギーが $10 \text{ dyn/cm} \sim 30 \text{ dyn/cm}$ であることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(6) 前記鋳型のシェア (Share) ゴム硬度が $15 \sim 80$ であることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(7) 前記鋳型の表面粗さが $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(8) 前記鋳型が紫外領域及び／又は可視領域において光透過性であることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(9) 前記クラッド用フィルム基材の屈折率が 1.55 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

【0013】

(10) 前記クラッド用フィルム基材が脂環式アクリル樹脂フィルムであることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(11) 前記クラッド用フィルム基材が脂環式オレフィン樹脂フィルムであることを特徴とする前記 (1) に記載の高分子光導波路の製造方法。

(12) 前記脂環式オレフィン樹脂フィルムが主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖に極性基をもつ樹脂フィルムであることを特徴とする前記 (11) に記載の高分子光導波路の製造方法。

【0014】

(13) 前記コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程に

(5)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

において、系を減圧することを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(14) 前記コア形成用硬化性樹脂の粘度が $10\text{ mPa}\cdot\text{s} \sim 2000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(15) 前記コア形成用硬化性樹脂を硬化させたときの体積変化が10%以下であることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(16) 前記クラッド層の屈折率がクラッド用フィルム基材と同じであることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

【0015】

(17) コアの径が $10\text{ }\mu\text{m} \sim 500\text{ }\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

10

(18) 前記コア形成用硬化性樹脂の硬化物の屈折率が1.50以上であることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(19) 前記クラッド用フィルム基材及びクラッド層とコアとの屈折率差が0.01以上あることを特徴とする前記(1)に記載の高分子光導波路の製造方法。

(20) 1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程、2) 鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程、3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程、4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させる工程、を有する高

20

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の高分子光導波路の製造方法は以下の工程を有する。

1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程

2) 鋳型にクラッドとなる該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程

3) クラッド用フィルム基材を密着させた鋳型の進入口から、コア形成用硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填する工程

30

4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鋳型をクラッド用フィルム基材から剥離する工程

5) コアが形成されたクラッド用フィルム基材の上にクラッド層を形成する工程

【0017】

本発明の高分子光導波路の製造方法は、前記のごとく鋳型に、鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させると、両者を特別な手段を用いて固着させなくても(前記特許第3151364号明細書に記載のごとき固着手段)、鋳型に形成された凹部構造以外には、鋳型とクラッド用フィルム基材の間に空隙が生ずることなく、コア形成用硬化性樹脂を前記凹部のみに進入させることができることを見い出したことに基づくもので、本発明の高分子光導波路の製造方法は、製造工程が極めて単純化され容易に高分子光導波路を作製することができ、従来の高分子光導波路の製造方法に比較し、極めて低コストで高分子光導波路を作製することを可能にするものである。また、本発明の高分子光導波路の製造方法により、損失ロスが少なく高精度であり、かつ各種機器への自由な装填を可能とするフレキシブルな高分子光導波路が得られる。さらに高分子光導波路の形状等を自由に設定することができる。

40

【0018】

以下に、本発明による高分子光導波路の製造方法を工程順に説明する。

1) 鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層から形成され、かつ、光導波路コア凸部に対応する凹部と、該凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口と、前記凹部から前記樹脂

50

(7)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

を排出させるための排出口とを有する鋳型を準備する工程

鋳型の作製は、光導波路コアに対応する凸部を形成した原盤を用いて行うのが好ましいが、これに限定されるものではない。以下では、原盤を用いる方法について説明する。

<原盤の作製>

光導波路コアに対応する凸部を形成した原盤の作製には、従来の方法、たとえばフォトリソグラフィ法を特に制限なく用いることができる。また、本出願人が先に出願した電着法又は光電着法により高分子光導波路を作製する方法（特願2002-10240号）も、原盤を作製するのに適用できる。原盤に形成される光導波路コアに対応する凸部の大きさは高分子光導波路の用途等に応じて適宜決められる。例えばシングルモード用の光導波路の場合には、 $10\mu\text{m}$ 角程度のコアを、マルチモード用の光導波路の場合には、 $50\sim 100\mu\text{m}$ 角程度のコアが一般的に用いられるが、用途によっては数百 μm 程度と更に大きなコア部を持つ光導波路も利用される。

【0019】

<鋳型の作製>

鋳型は、前記のようにして作製した原盤の光導波路コアに対応する凸部が形成された面に、鋳型形成用硬化性樹脂を塗布したり注型し、必要に応じ乾燥処理をした後、該樹脂を硬化させ、次いでその硬化層を剥離して作製される。前記凸部に対応する凹部にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口、及び前記凸部に対応する凹部から前記樹脂を排出させるための排出口の形成方法は特に制限はなく、原盤に予め進入口や排出口に対応する凸部を設けておくこともできるが、簡便な方法としては、例えば、原盤に鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層を形成した後剥離して型を取り、その後、型の両端を前記凹部が露出するように切断することにより進入口及び排出口を形成する方法が挙げられる。

前記硬化層の厚さは、鋳型としての取り扱い性を考慮して適宜決められるが、一般的に $0.1\sim 50\text{mm}$ 程度が適切である。

また、前記原盤にはあらかじめ離型剤塗布などの離型処理を行なって鋳型との剥離を促進することが望ましい。

【0020】

鋳型形成用硬化性樹脂としては、その硬化物が原盤から容易に剥離できること、鋳型（繰返し用いる）として一定以上の機械的強度・寸法安定性を有すること、凹部形状を維持する硬さ（硬度）を有すること、クラッド用フィルム基材との密着性が良好なことが好ましい。鋳型形成用硬化性樹脂には、必要に応じて各種添加剤を加えることができる。鋳型形成用硬化性樹脂は、原盤の表面に塗布や注型等することが可能で、また、原盤に形成された個々の光導波路コアに対応する凸部を正確に写し取らなければならないので、ある限度以下の粘度、たとえば、 $500\sim 7000\text{mPa}\cdot\text{s}$ 程度を有することが好ましい。（なお、本発明において用いる「鋳型形成用硬化性樹脂」の中には、硬化後、弾性を有するゴム状体となるものも含まれる。）また、粘度調節のために溶剤を、溶剤の悪影響が出ない程度に加えることができる。

【0021】

前記鋳型形成用硬化性樹脂としては、前記のごとき剥離性、機械強度・寸法安定性、硬度、クラッド用基材との密着性の点から、硬化後、シリコンゴム（シリコンエラストマー）又はシリコン樹脂となる硬化性オルガノポリシロキサンが好ましく用いられる。前記硬化性オルガノポリシロキサンは、分子中にメチルシロキサン基、エチルシロキサン基、フェニルシロキサン基を含むものが好ましい。また、前記硬化性オルガノポリシロキサンは、一液型のものでも硬化剤と組み合わせて用いる二液型のものでもよく、また、熱硬化型のものでも室温硬化型（例えば空気中の水分で硬化するもの）のものでもよく、更に他の硬化（紫外線硬化等）を利用するものであってもよい。

【0022】

前記硬化性オルガノポリシロキサンとしては、硬化後シリコンゴムとなるものが好ましく、これには通常液状シリコンゴム（「液状」の中にはペースト状のように粘度の高いものも含まれる）と称されているものが用いられ、硬化剤と組み合わせて用いる二液型の

(8)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

ものが好ましく、中でも付加型の液状シリコンゴムは、表面と内部が均一にかつ短時間に硬化し、またその際副生成物が無く又は少なく、かつ離型性に優れ収縮率も小さいので好ましく用いられる。

【0023】

前記液状シリコンゴムの中でも特に液状ジメチルシロキサンゴムが密着性、剥離性、強度及び硬度の点から好ましい。また、液状ジメチルシロキサンゴムの硬化物は、一般に屈折率が1.43程度と低いために、これから作った鋳型は、クラッド用基材から剥離させずに、そのままクラッド層として利用することができる。この場合には、鋳型と、充填したコア形成用樹脂及びクラッド用基材とが剥がれないような工夫が必要になる。

【0024】

前記液状シリコンゴムの粘度は、光導波路コアに対応する凸部を正確に写し取り、かつ気泡の混入を少なくして脱泡し易くする観点と、数ミリの厚さの鋳型形成の点から、500~7000mPa・s程度のものが好ましく、さらには、2000~5000mPa・s程度のものがより好ましい。

【0025】

さらに、鋳型の表面エネルギーは、10dyn/cm~30dyn/cm、好ましくは15dyn/cm~24dyn/cmの範囲にあることが、基材フィルムとの密着性の点からみて好ましい。

鋳型のシェア(Share)ゴム硬度は、15~80、好ましくは20~60であることが、型取り性能、凹部形状の維持、剥離性の点からみて好ましい。

鋳型の表面粗さ(二乗平均粗さ(RMS))は、0.5μm以下、好ましくは0.1μm以下にすることが、型取り性能の点からみて好ましい。

【0026】

また、鋳型は、紫外領域及び/又は可視領域において光透過性であることが好ましい。鋳型が可視領域において光透過性であることが好ましいのは、以下の2)の工程において鋳型をクラッド用フィルム基材に密着させる際、位置決めが容易に行え、また、以下の3)の工程においてコア形成用硬化性樹脂が鋳型凹部に充填される様子が観察でき、充填完了等が容易に確認しうるからである。また、鋳型が紫外領域において光透過性であることが好ましいのは、コア形成用硬化性樹脂として紫外線硬化性樹脂を用いる場合に、鋳型を透して紫外線硬化を行うためであり、鋳型の、紫外領域(250nm~400nm)における透過率が80%以上であることが好ましい。

【0027】

前記硬化性オルガノポリシロキサン、中でも硬化後シリコンゴムとなる液状シリコンゴムは、クラッド用基材との密着性と剥離性という相反した特性に優れ、ナノ構造を写し取る能力を持ち、シリコンゴムとクラッド用基材とを密着させると液体の進入さえ防ぐことができる。このようなシリコンゴムを用いた鋳型は高精度に原盤を写し取り、クラッド用基材に良く密着するため、鋳型とクラッド用基材の間の凹部のみに効率よくコア形成用樹脂を充填することが可能となり、さらにクラッド用基材と鋳型の剥離も容易である。したがって、この鋳型からは高精度に形状を維持した高分子光導波路を、極めて簡便に作製することができる。

【0028】

2) 前記鋳型に該鋳型との密着性が良好なクラッド用フィルム基材を密着させる工程
本発明の光導波路は、ケーブル、ボード間の光配線や光分波器等としても使用しうるので、その用途に応じて前記フィルム基材の材料としては、該材料の屈折率、光透過性等の光学的特性、機械的強度、耐熱性、鋳型との密着性、フレキシビリティ(可撓性)等を考慮して選択される。可撓性のフィルム基材を用い、可撓性を有する高分子光導波路を作製することが好ましい。前記フィルムとしては脂環式アクリル樹脂フィルム、脂環式オレフィン樹脂フィルム、三酢酸セルロースフィルム、含フッ素樹脂フィルム等が挙げられる。フィルム基材の屈折率は、コアとの屈折率差を確保するため、1.55より小さく、好ましくは1.53より小さくすることが望ましい。

19

20

30

40

50

(10)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

【0033】

また、この工程において、毛細管現象によるコア形成用硬化性樹脂の鑄型凹部への充填を促進するために、系全体を減圧（0.1～200Pa程度）することが望ましい。
また、前記充填を促進するため、前記系の減圧に加えて、鑄型の進入口から充填するコア形成用硬化性樹脂を加熱することにより、より低粘度化することも有効な手段である。

【0034】

4) 充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鑄型をフィルム基材から剥離する工程
充填したコア形成用硬化性樹脂を硬化させる。紫外線硬化性樹脂を硬化させるには、紫外線ランプ、紫外線LED、UV照射装置等が用いられる。また、熱硬化性樹脂を硬化させるには、オープン中での加熱等が用いられる。

また、前記1)～3)の工程で用いる鑄型は、屈折率等の条件を満たせばそのままクラッド層に用いることも可能で、この場合は、鑄型を剥離する必要はなくそのままクラッド層として利用する。この場合、鑄型とコア材料の接着性を向上させるために鑄型をオゾン処理することが好ましい。

【0035】

5) コアが形成されたフィルム基材の上にクラッド層を形成する工程

コアが形成されたフィルム基材の上にクラッド層を形成するが、クラッド層としてはフィルム（たとえば前記2)の工程で用いたようなクラッド用フィルム基材が同様に用いられる）や、クラッド用硬化性樹脂を塗布して硬化させた層、高分子材料の溶剤溶液を塗布して乾燥して得られる高分子膜等が挙げられる。クラッド用硬化性樹脂としては紫外線硬化性樹脂や熱硬化性樹脂が好ましく用いられ、例えば、紫外線硬化性又は熱硬化性のモノマー、オリゴマー若しくはモノマーとオリゴマーの混合物が用いられる。

クラッド形成用硬化性樹脂の硬化後の体積変化（収縮）を小さくするために、該樹脂と相溶性を有し、また該樹脂の屈折率、弾性率、透過特性に悪影響を及ぼさないポリマー（例えばメタクリル酸系、エポキシ系）を該樹脂に添加することができる。

【0036】

クラッド層としてフィルムを用いる場合は、接着剤を用いて貼り合わされるが、その際、接着剤の屈折率が該フィルムの屈折率と近いことが望ましい。用いる接着剤は紫外線硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂が好ましく用いられ、例えば、紫外線硬化性又は熱硬化性のモノマー、オリゴマー若しくはモノマーとオリゴマーの混合物が用いられる。

前記紫外線硬化性樹脂又は熱硬化性樹脂の硬化後の体積変化（収縮）を小さくするために、クラッド層に添加するポリマーと同様のポリマーを添加することができる。

クラッド層の屈折率は、コアとの屈折率差を確保するため、1.55以下、好ましくは1.53以下とすることが望ましい。また、クラッド層の屈折率を前記フィルム基材の屈折率と同じにすることが、光の閉じ込めの点からみて好ましい。

【0037】

本発明の高分子光導波路の製造方法において、特に、鑄型形成用硬化性樹脂として硬化してゴム状になる液状シリコーンゴム、中でも液状ジメチルシロキサンゴムを用い、クラッド用フィルム基材として主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖にアルキルオキシカルボニル基等の極性基をもつ脂環式オレフィン樹脂を用いる組み合わせは、両者の密着性が特に高く、また、鑄型凹部構造の変形がなく、さらに凹部構造の断面積が極めて小さくても（たとえば10×10μmの矩形）毛細管現象により素早く凹部に硬化性樹脂を充填することができる。

【0038】

次に、図1用いて本発明の高分子光導波路の製造方法の1態様について説明する。

図1(A)は光導波路コアに対応する凸部12が形成された原盤10を、凸部12の長手方向に直角に切断した切断面を示す。

次に、図1(B)が示すように、原盤10の凸部12が形成された面に、鑄型形成用硬化性樹脂の硬化層20aを形成する。図1(B)は原盤10に鑄型形成用硬化性樹脂の硬化層20aを形成したものを、凸部12の長手方向に直角に切断した切断面を示す。

(11)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

次に、鋳型形成用硬化性樹脂の硬化層 20 a を原盤 10 から剥離して型を取り（図示せず）、次いで型の両端を、前記凹部 22 が露出するように切断することにより、凹部 22 にコア形成用硬化性樹脂を充填するための進入口 22 a、及び前記凸部 12 に対応する凹部 22 から前記樹脂を排出させるための排出口（図示せず。排出口は、凹部 20 の、進入口 22 a に対向する先端部に形成される。）を形成して、鋳型 20 を作製する。図 1 (C) は鋳型の進入口側の側面図を示す。

【0039】

このようにして作製した鋳型 20 に、該鋳型 20 との密着性がよいクラッド用フィルム基材 30 を密着させる。図 1 (D) は、鋳型とフィルム基材を密着させたものの進入口側の側面図を示す。次に、鋳型の進入口 22 a からコア形成用硬化性樹脂 40 a を、毛細管現象を利用して鋳型の凹部 22 に充填する。図示しないが、凹部 20 の他の先端部にある排出口からはコア形成用硬化性樹脂が排出される。図 1 (E) は鋳型の凹部に硬化性樹脂が充填されたものの進入口側の側面図を示す。

その後、鋳型凹部内のコア形成用硬化性樹脂を硬化させ、鋳型を剥離する。図 1 (F) は、クラッド用フィルム基材の上に光導波路コア 40 が形成されたものを、コア長手方向に直角に切断した切断面を示す。

さらに、クラッド用フィルム基材のコア形成面にクラッド層 50 を形成することにより、本発明の高分子光導波路 60 が作製される。図 1 (G) は、高分子光導波路 60 をコア長手方向に直角に切断した切断面を示す。

【0040】

【実施例】

以下に実施例を示し本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

実施例 1

Si 基板に厚膜レジスト（マイクロケミカル（株）製、SU-8）をスピンコート法で塗布した後、80℃でプリバークし、フォトマスクを通して露光し、現像して、断面が正方形の凸部（幅：50 μ m、高さ：50 μ m、長さ：150 mm）を形成した。次に、これを120℃でポストバークして、光導波路コア作製用原盤を作製した。

次に、この原盤に離型剤を塗布した後、熱硬化性液状ジメチルシロキサンゴム（ダウコーニングアジア社製：SYLGARD 184、粘度5000 mPa・s）及びその硬化剤を混合したものを流し込み、120℃で30分間加熱して硬化させた後、剥離して、前記断面が正方形の凸部に対応する凹部を持った型（鋳型の厚さ：3 mm）を作製した。さらに、前記型の両端を切断して下記紫外線硬化性樹脂の進入口及び排出口を作り鋳型とした。鋳型は表面エネルギーが22 dyne/cm、シェアゴム硬度が60、表面粗さが10 nm以下、紫外線透過率80%以上であり、また、透明で下のものがよく観察できた。

【0041】

この鋳型と、鋳型より一回り大きい膜厚188 μ mのフィルム基材（アートンフィルム、JSR（株）製、屈折率1.510）を密着させた。次に、鋳型の一端にある進入口に、粘度が1300 mPa・sの紫外線硬化性樹脂（JSR社製：PJ3001）を数滴落としたところ、毛細管現象により前記凹部に紫外線硬化性樹脂が充填された。次いで、50 mW/cm²のUV光を鋳型を透して5分間照射して紫外線硬化させた。鋳型をアートンフィルムから剥離したところ、アートンフィルム上に前記原盤凸部と同じ形状のコアが形成された。コアの屈折率は1.591であった。

次に、アートンフィルムのコア形成面に、硬化後の屈折率がアートンフィルムと同じ1.510である紫外線硬化性樹脂（JSR（株）製）を全面に塗布した後、50 mW/cm²のUV光を10分間照射して紫外線硬化させ（硬化後の膜厚10 μ m）た。フレキシブルな高分子光導波路が得られた。この高分子光導波路の損失は、0.33 dB/cmであった。

【0042】

実施例 2

(12)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

実施例 1 と同じ方法により断面が正方形の凸部（幅： $50\mu\text{m}$ 、高さ： $50\mu\text{m}$ 、長さ： 150mm ）が形成された光導波路コア作製用の原盤を作製した。次に、実施例 1 と同じ方法で型を作った後、両端を切断して鋳型とした。この鋳型と鋳型より一回り大きいアートンフィルム（膜厚 $188\mu\text{m}$ ）を密着させ、鋳型の一端にある進入口に、粘度が $500\text{mPa}\cdot\text{s}$ の熱硬化性樹脂（J S R（株）製）を数滴落としたところ、毛細管現象により前記凹部に熱硬化性樹脂が充填された。これを 130°C のオープン中で 30 分間加熱して熱硬化させた。鋳型をアートンフィルムから剥離したところ、アートンフィルム上に前記原盤凸部と同じ形状のコアが形成された。コアの屈折率は 1.560 であった。さらに、アートンフィルムのコア形成面に、硬化後の屈折率がアートンフィルムと同じ 1.510 の熱硬化性樹脂（J S R（株）製）を全面に塗布した後、加熱硬化させ（硬化後の膜厚 $10\mu\text{m}$ ）た。フレキシブルな高分子光導波路が得られた。この高分子光導波路の損失は、 $0.33\text{dB}/\text{cm}$ であった。

【0043】

実施例 3

実施例 1 と同じ方法により断面が正方形の凸部（幅： $50\mu\text{m}$ 、高さ： $50\mu\text{m}$ 、長さ： 150mm ）が形成された光導波路コア作製用の原盤を作製した。次に、実施例 1 と同じ方法で型を作った後、両端を切断して鋳型とした。この鋳型と鋳型より一回り大きいアートンフィルム（膜厚 $188\mu\text{m}$ ）を密着させ、鋳型の一端にある進入口に、粘度が $1300\text{mPa}\cdot\text{s}$ の紫外線硬化樹脂（J S R 社製：P J 3001）を数滴落とした。この鋳型とアートンフィルムを密着させたものを、真空ポンプで減圧（ 1.0Pa ）した容器に入れた。ただちに毛細管現象により凹部に紫外線硬化性樹脂が充填された。これを容器から取り出した後、 $50\text{mW}/\text{cm}^2$ の UV 光を鋳型を透して 5 分間照射して硬化させ、鋳型を剥離した。アートンフィルム上に屈折率 1.591 のコアが形成された。さらに、アートンフィルムのコア形成面に、硬化後の屈折率がアートンフィルムと同じ 1.510 の紫外線硬化性樹脂（J S R（株）製）を全面に塗布した後、 $50\text{mW}/\text{cm}^2$ の UV 光を 5 分間照射して紫外線硬化させ（硬化後の膜厚 $10\mu\text{m}$ ）た。フレキシブルな高分子光導波路が得られた。この高分子光導波路の損失は、 $0.33\text{dB}/\text{cm}$ であった。

【0044】

実施例 4

実施例 3 において、鋳型とアートンフィルムとを密着させ、鋳型の一端にある進入口に、紫外線硬化性樹脂を数滴垂らしたものを、真空ポンプで減圧した容器に入れる代わりに、鋳型の排出口からダイヤフラム式吸引ポンプ（最大吸引圧 33.25KPa ）で吸引する他は、実施例 3 と同様にして、フレキシブルな高分子光導波路を作製した。この高分子光導波路の損失は、 $0.33\text{dB}/\text{cm}$ であった。

【0045】

実施例 5

実施例 1 におけるアートンフィルム上にコアを形成する工程までを同じ方法により実施した。

次に、アートンフィルムのコア形成面に、アートンフィルム（膜厚 $188\mu\text{m}$ ）を、屈折率 1.510 の接着剤（J S R（株）製）を使って貼り合わせ、フレキシブルな高分子光導波路を作製した。この高分子光導波路の損失は、 $0.33\text{dB}/\text{cm}$ であった。

【0046】

実施例 6

実施例 1 と同じ方法で鋳型を作製した。次に、この鋳型と鋳型より一回り大きいアートンフィルム（膜厚 $188\mu\text{m}$ ）を密着させた。鋳型の一端にある進入口に、粘度が $100\text{mPa}\cdot\text{s}$ の紫外線硬化性樹脂（N T T - A T 社製）を数滴落とした。鋳型の排出口から真空ポンプで吸引したところ、毛細管現象により凹部に紫外線硬化性樹脂が充填された。次いで、 $50\text{mW}/\text{cm}^2$ の UV 光を鋳型を透して 5 分間照射して紫外線硬化させた。鋳型をアートンフィルムから剥離したところ、アートンフィルム上に原盤凸部と同じ形状のコ

(13)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

アが形成された。コアの屈折率は1.570であった。

次に、アートンフィルムのコア形成面に、アートンフィルム（膜厚188 μ m）を、屈折率1.510の接着剤（JSR（株）製）を使って貼り合わせ、フレキシブルな高分子光導波路を作製した。この高分子光導波路の損失は、0.15 dB/cmであった。

【0047】

実施例7

実施例1において、紫外線硬化性樹脂をあらかじめ70℃に加温し、これを鑄型の進入口に数滴垂らした後、室温に戻した後で紫外線を照射する他は、実施例1と同様にして高分子光導波路を作製した。この高分子光導波路の損失は、0.35 dB/cmであった。

【0048】

19

【発明の効果】

本発明の高分子光導波路の製造方法は、製造工程が極めて単純化され容易に高分子光導波路を作製することができ、従来の高分子光導波路の製造方法に比較し、極めて低コストで高分子光導波路を作製することを可能にするものである。また、本発明の高分子光導波路の製造方法により、損失ロスが少なく高精度であり、かつ各種機器への自由な装填を可能とするフレキシブルな高分子光導波路が得られる。さらに高分子光導波路の形状等を自由に設定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の高分子光導波路の製造工程の一態様を示す概念図である。

【符号の説明】

20

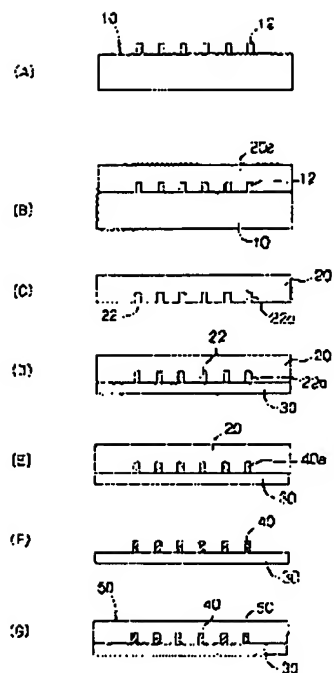
- 10 原盤
- 12 光導波路コアに対応する凸部
- 20a 鑄型形成用硬化性樹脂の硬化層
- 20 鑄型
- 22 鑄型凹部
- 22a コア形成用硬化性樹脂の進入口
- 30 クラッド用フィルム基材
- 40a コア形成用硬化性樹脂
- 40 コア
- 50 クラッド層
- 60 高分子光導波路

30

(14)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

【図 1】



(15)

JP 2004-86144 A 2004.3.18

フロントページの続き

(72)発明者 清水 敬司

神奈川県足柄上郡中井町境4-3-0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 谷田 和敏

神奈川県足柄上郡中井町境4-3-0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 坪 英一

神奈川県足柄上郡中井町境4-3-0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA04 PA02 PA21 PA28 QA00 QA05 TA31 TA43